


Method for counteracting geometric distortions for DCT based watermarking

Patent Number: EP0902591, A3
Publication date: 1999-03-17
Inventor(s): COX INGEMAR J (US); MILLER MATTHEW L (US)
Applicant(s): SIGNAFY INC (US)
Requested Patent: JP11153956
Application Number: EP19980111968 19980629
Priority Number(s): US19970928576 19970912
IPC Classification: H04N7/26
EC Classification: H04N7/26; G06T1/00W; H04N1/32C19
Equivalents: US6108434
Cited patent(s): WO9636163; EP0967803; WO9960791

Abstract

In order to compensate for geometric distortion when extracting a watermark from watermarked data, the geometrically distorted data undergoes cyclic rotation of the pixels in groups of 8x8 pixel blocks to remove any

geometric distortion. 

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-153956

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月8日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 9 C 5/00

G 0 9 C 5/00

G 0 6 T 1/00

H 0 4 N 1/387

H 0 4 N 1/387

G 0 6 F 15/66

B

7/08

H 0 4 N 7/08

Z

7/081

7/133

Z

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-245819

(71) 出願人 598118466

(22) 出願日 平成10年(1998) 8月31日

シグナファイ、 インコーポレイテッド
Signafy, Inc.

(31) 優先権主張番号 08/928576

アメリカ合衆国 08540 ニュー ジャー

(32) 優先日 1997年9月12日

シー州 プリンストン インディペンデ

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

ス ウェイ 4

(72) 発明者 インゲマー ジェイ、 コックス

アメリカ合衆国 08648 ニュー ジャー

シー州 ローレンスヴィル レパーク ド
ライブ 21

(74) 代理人 弁理士 若林 忠 (外4名)

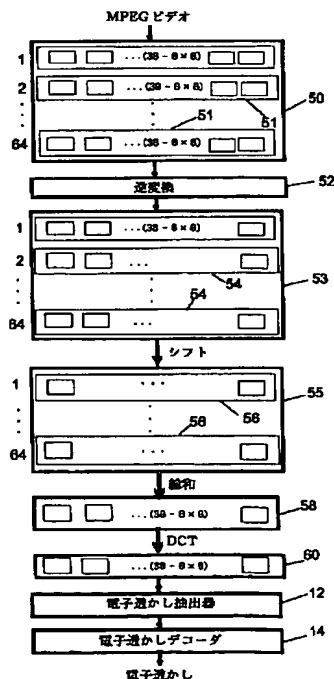
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子透かし入れされているデータから電子透かしを抽出する方法

(57) 【要約】

【課題】 画像またはビデオフレームに、幾何学的拡大／縮小やアフィン歪みが加えられた場合であっても、そのような歪みを修正して、確実に電子透かしを検出することができるようにする。

【解決手段】 電子透かしを入れられているデータから電子透かしを抽出する際に幾何学的歪みを補償するために、8×8画素ブロックのグループ内で、幾何学的に歪んでいるデータを循環的に回転させ、これによって、どのような幾何学的歪みも除去できるようにする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 $n \times n$ ブロックの形で、電子透かし入れられた圧縮されているデータを受容するステップと、前記ブロックを空間的に並進させて幾何学的歪みを補償するステップと、

並進させたデータから電子透かしを抽出するステップと、を備える、電子透かし入れされている圧縮されたデータから電子透かしを抽出する方法。

【請求項2】 8×8 ブロックの形で、電子透かし入れられた圧縮されたデータを受容するステップと、前記 8×8 ブロックの所定の数のグループからなる組内で、前記ブロックを累積するステップと、累積されたブロックを空間領域のデータに変換するステップと、

前記空間領域に累積されたブロックを空間的に並進させて、仮定されたアフィン歪みを補償するステップと、並進させたブロックを加え合わせるステップと、並進させたブロックから電子透かしを抽出するステップと、を備える、電子透かし入れされている圧縮されたデータから電子透かしを抽出する方法。

【請求項3】 前記電子透かしを抽出するステップが、加え合わされたブロックの離散コサイン変換係数値を計算することを含む、請求項2に記載の方法。

【請求項4】 異なる仮定された複数のアフィン歪みに対して、前記ステップを繰り返す請求項2に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マルチメディアデータ特にビデオデータへのデジタル電子透かし入れ（デジタル・ウォーターマーキング；digital watermarking）に関する。さらに詳しくいえば、本発明は、JPEG (joint photograph coding experts group) や MPEG (moving picture experts group) などの圧縮されたビデオデータの電子透かし入れと、幾何学的歪みを受けた圧縮されたデータでの電子透かしの検出とに関する。

【0002】

【従来の技術】画像（イメージ）、映像（ビデオ）およびマルチメディア等のデジタル化されたメディアの普及により、その物の出所の識別を容易にするセキュリティシステムに対するニーズが生じている。デジタルビデオディスク（DVD；digital videodisk）が予測されているように大量消費市場に導入されると、問題が一層悪化する。

【0003】コンテンツプロバイダ、すなわちデジタルデータ形式の作品の所有者には、著作権所有の認証、コントロールおよび管理のために、ソフトウェア及び／またはハードウェア装置により後にも検出できるような信号を、オーディオデータも含めて、映像／画像／マルチメディアデータに埋め込みたいというニーズがある。

【0004】電子透かしをデジタルメディアに挿入し、また、電子透かし入れされているメディアから電子透かしを抽出するための装置がある。典型的な装置が、たとえば、1995年9月28日に出願された「安全なマルチメディアデータ用スペクトラム拡散電子透かし入れ (Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia Data)」という名称の米国特許出願第08/534,894号に記載されている。この出願に開示の方法では、コンテンツの所有者を識別するために、画像の知覚的に意味のある領域に電子透かし信号を埋め込むことによって、スペクトル拡散電子透かし入れを行う。

【0005】インターネット上のWWW (World Wide Web) サイト <http://www.neci.nj.nec.com/tr/index.html> (Technical Report No. 95-10) から入手できるコックス等 (Cox et al.) の文献「安全なマルチメディア用スペクトラム電子透かし入れ (Secured Spectrum Watermarking for Multimedia)」は、電子透かし入れの目的でデジタルデータに擬似乱数ノイズ列を埋め込むスペクトラム拡散電子透かし入れが記載されている。

【0006】上述した従来技術の電子透かしを抽出する方法では、原画像スペクトラムを電子透かし画像スペクトラムから減じる必要がある。そのため、復号器が原画像もしくは原画像スペクトラムを利用できない場合には、この方法の使用は制約される。

【0007】アール・ディー・プリュース等 (R. D. Preuss et al.) の米国特許第5,319,735号明細書「埋め込みシグナリング (Embedded Signaling)」では、デジタル情報が符号化されてコードシンボル系列が作り出される。コードシンボル系列は、そのコードシンボル系列を表す対応するスペクトラム拡散コード信号系列を発生することにより、オーディオ信号へ埋め込まれる。コード信号の周波数成分は、オーディオ信号の帯域幅内の予め選定されたシグナリング帯域内に本質的に閉じ込められ、コード信号の連続するセグメントは系列内の連続するコードシンボルに対応する。オーディオ信号は、シグナリング帯域を包含する周波数帯域にわたって連続的に周波数解析され、コード信号は、分析の関数としてダイナミックにフィルタ処理される。これにより、コード信号から、各瞬時ににおいて対応する周波数範囲内のオーディオ信号周波数成分のレベルの予め選定された部分であるような周波数成分レベルを本質的に有する、修正されたコード信号が得られる。修正されたコード信号およびオーディオ信号を結合して、デジタル情報が埋め込まれた合成オーディオ信号が得られる。次に、この合成オーディオ信号は、記録媒体上に記録されるか、あるいは送信チャネルへ送られる。この過程での2つのキーとなる要素は、それぞれ、挿入段階及び抽出段階で生じるスペクトル整形（シェーピング）およびスペクトル等化であり、これにより、埋め込まれた信号は、電子透かし入れがなされていない原データへアクセスすることなく、抽出す

ることができる。

【0008】1996年9月4日に出願されたコックス(Cox)の米国特許出願第08/708,331号「埋め込みシグナリング用スペクトラム拡散電子透かし(A Spread Spectrum Watermark for Embedded Signaling)」には、原データあるいは電子透かし入れされていないデータを使用せずに、電子透かし入れされた画像や映像から、埋め込まれたデータ中の電子透かしを抽出する方法が記載されている。

【0009】シグナリングを埋め込む目的で画像や画像データに電子透かしを挿入する方法では、画像全体のDCT(離散コサイン変換; Discrete Cosine Transform)及び逆変換(IDCT; Inverse DCT)が計算される必要がある。Nを画像内の画素(ピクセル)数として、DCTを($N \log N$)のオーダーの計算量で計算する高速アルゴリズム、すなわち、画素数Nの増加に対して計算量がたかだか($N \log N$)に比例して長くなるような高速アルゴリズムがある。しかしながら、 $N = 512 \times 512$ (横512画素、縦512画素)であるような画像に対しては、要求される計算量は依然として大きい。符号化及び抽出処理が、映像レート、すなわち毎秒30フレームの速度で行われなければならない場合は、特にそうである。この方法は、MPEG-2伸張に必要な計算量に比べておよそ30倍の計算量を必要とする。

【0010】リアルタイムビデオ電子透かし入れを達成する1つの方法は、N番目ごとのフレームにしか電子透かし入れをしないことである。しかしながら、コンテンツのオーナーは、全ての映像フレームを保護したいと望む。さらに、どのフレームに埋め込まれた信号が含まれるかが分かれば、映像信号を著しく劣化させることなくそれらのフレームを除去することは簡単である。したがって、この方法を用いるのは好ましくない。

【0011】別のオプションは、 $n \ll N$ として、画像(部分画像)中の $n \times n$ 画素からなるブロックに電子透かしを挿入することである。ブロックサイズを 8×8 、すなわち、MPEG画像圧縮に使用すると同サイズ、に選定すると、電子透かし挿入及び抽出手順をMPEGの圧縮及び伸張アルゴリズムと密接に結合することができる。電子透かしの挿入や抽出において最もコストがかかる計算はDCTおよびその逆変換の計算に関連しており、これらのステップは圧縮及び伸張アルゴリズムの一部として既に計算されているため、相当な計算の節減を達成することができる。したがって、電子透かし入れを行うことに伴うコスト増分は非常にわずかなものとなり、典型的にはMPEGに伴う計算要求量の5%よりも少ない。

【0012】1996年9月19日に出願された米国特許出願第08/715,953号「MPEG/JPEG係数を使用する画像データの電子透かし入れ(Watermarking of Im-

age Data Using MPEG/JPEG Coefficients)」では、MPEG/JPEG係数を使用して画像データを符号化することにより、この作業を進展させている。

【0013】1996年11月5日に出願された米国特許出願第08/746,022号「デジタル電子透かし入れ(Digital Watermarking)」には、電子透かし情報を小画像(サブイメージ)内に格納し、小画像から電子透かし情報を抽出することが記載されている。

【0014】1997年2月9~14日、Proc. of EI '97, vol. 30-16のコックス(Cox et al.)等の文献「A review of watermarking and the improvement of perceptual modeling」は、電子透かし入れについての最近の動向をまとめた総説である。

【0015】空間領域(空間ドメイン)およびDCT領域(DCTドメイン)の両方で、計算効率よく電子透かしの検出を行えるようにするため、DCTでの 8×8 ブロック(8 画素 $\times 8$ 画素の大きさのブロック)のグループの和に対し、電子透かしを挿入する。この手法の利点は、画像が空間領域においてのみ入手可能である場合に、少数の 8×8 ブロックを計算するために空間領域においても加算を実行できることと、DCT領域に変換しなければならないものがそれらのブロックのみであることである。その理由は、DCT領域のブロックの和が、空間領域のブロックの和をDCTした結果に等しいためである。今や、電子透かしを検出する計算に要するコストは加算のコストによって支配されるようになっているから、DCT領域及び空間領域における検出のコストはほぼ同じである。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】これらの電子透かし入れ技術は非常に成功しているが、1つの問題が残っている。すなわち、画像またはビデオフレームにかなり小さい幾何学的変化があっても、その変化がDCT係数に大きく影響することである。例えば、 8×8 ブロックに分割され、それらのブロックのDCTを計算することによって周波数領域(周波数ドメイン)に変換される画像について考えることにする。ここで、画像のサイズが $1/8$ だけ縮められたとすると、元の各 8×8 画素ブロックは、 7×7 画素の集合に縮小される。縮小されたすなわち寸法を変えられた画像を再び 8×8 ブロックに分割し、かつそれらのブロックの対応するDCT係数を計算したとすると、それらの新たに求めたDCT係数は、通常、元の寸法を変えられていない画像のDCT係数とは、非常に異なっている。その結果、しばしば、電子透かし検出に失敗する。

【0017】本発明の主な目的は、画像またはビデオデータなどの電子透かし入れされたデータのアフィン歪み(affine distortion)を修正する、電子透かし検出方法を提供することにある。

【0018】また本発明の別の目的は、画像またはビデ

オフフレームに、幾何学的拡大／縮小やアフィン歪みが加えられた場合であっても、確実に電子透かしを検出することができる、電子透かしの抽出方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の目的は、 $n \times n$ ブロックの形で、電子透かし入れられた圧縮されているデータを受容するステップと、ブロックを空間的に並進させて幾何学的歪みを補償するステップと、並進させたデータから電子透かしを抽出するステップと、を備える、電子透かし入れられている圧縮されたデータから電子透かしを抽出する方法によって達成される。

【0020】本発明の目的は、 8×8 ブロックの形で、電子透かし入れられた圧縮されたデータを受容するステップと、 8×8 ブロックの所定の数のグループからなる組内で、ブロックを累積するステップと、累積されたブロックを空間領域のデータに変換するステップと、空間領域に累積されたブロックを空間的に並進させて、仮定されたアフィン歪みを補償するステップと、並進させたブロックを加え合わせるステップと、並進させたブロックから電子透かしを抽出するステップと、を備える、電子透かし入れられている圧縮されたデータから電子透かしを抽出する方法によっても達成される。

【0021】本発明は、それぞれの 8×8 ブロックでの空間的に変化する並進運動(translation)により尺度(スケール)の変化や歪みを近似することによって、画像またはビデオフレームにおける幾何学的拡大／縮小やアフィン歪みの問題を解決するものである。画像は、ブロックのばらばらの組(セット)に分割され、セット内の各ブロックは同じ並進量で操作される。ブロックの組は、種々の組で異なる。電子透かしは、ブロックの全ての並進運動に対して抽出され、画像またはビデオフレーム中に電子透かしが存在するかどうかを判定するために、相関器出力の最大値が統計的に意味があるものであるかどうかテストされる。

【0022】電子透かしアルゴリズムが、画像またはビデオフレームを 8×8 画素ブロックに分割する。その後、これらのブロックは、38のグループに配分される。電子透かしの検出プロセスは、グループ内でそのグループ中の全ての 8×8 ブロックを加え合わせることによって開始し、それによって、データのディメンションを各々 8×8 の値を有する38のブロックに縮小する。各 8×8 ブロックにおける係数のサブセットがさらに加算されて、長さ38の一次元ベクトルを形成する。

【0023】8の倍数の画素だけ並進シフト(translation shift)が、単純に、抽出された1次元電子透かしベクトルでの循環的回転(cyclic rotation)をもたらすようにして、DCTの 8×8 ブロックの38のグループを選択する。8の倍数でないシフトのためには、剰余モジュロ8の並進、すなわち、 x 方向と y 方向の両方におけ

る0画素から7画素までの並進、を決定することが必要なだけである。これは、DCT係数の38個の 8×8 ブロックをとり、それらのブロックを空間領域にまず変換することによって行われる。次に、DCT領域に変換し戻される前に、64通りの可能な並進の1つによって、データをシフトする。その後、電子透かしが抽出され、以下に説明するようにしてテストされる。この操作を全ての並進に対して繰り返す。その後、電子透かしが存在するかどうかを決定するために、相関器出力の最大値が統計的に意味があるものかどうかをテストする。

【0024】画像やビデオフレームの並進量は事前には知られていないから、0画素から7画素までの全ての並進についてシフトを繰り返し、その後、電子透かしに対して最高の相関を持つ信号を決定することによって、最尤並進係数及び電子透かしが決定される。

【0025】本発明は、並進運動を空間的に変化的ることによって、幾何学的歪みを近似する。画像やビデオデータから変化や歪みを除去することは極めて困難であるが、ブロックの空間的並進移動の形での取扱いは、画像またはビデオをその元の歪んでいない状態に戻すことなく、歪んでいる画像またはビデオから電子透かしを抽出する比較的簡単なやり方である。

【0026】

【発明の実施の形態】次に、本発明の好ましい実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0027】以下の説明において、画像(image)、画像データ(image data)、ビデオ(video)、ビデオフレーム(video frame)及びビデオデータ(video data)という用語は、ビデオ、画像およびマルチメディアデータに対して、等しく適用される。「電子透かし」という用語は、埋め込まれたデータ、埋め込まれた記号(symbol)、埋め込まれた画像、埋め込まれた命令(instruction)あるいはその他の任意の埋め込まれた識別情報(identifying information)を含む。

【0028】電子透かし入れシステムを設計する際、特にDVDへの応用の際における大きな問題は、MPEG圧縮されたビデオおよび圧縮されていないビデオの両方で検出が容易である電子透かしを入れることである。ほとんどの電子透かしは、空間(圧縮されていない)領域またはDCT(圧縮されている)領域のいずれか一方で容易に検出されるが、両方ともで容易に検出されるわけではない。このことは、一方の領域または他方の領域で電子透かしを検出することが、画像全体を変換することを必要とすることを意味する。これでは、DVD応用のためには、一般に、計算にコストがかかり過ぎる。以下の説明では、電子透かしが、従来のやり方、例えば上記の米国特許出願や刊行物に記載されているやり方で、ビデオデータに挿入されていると仮定する。

【0029】この問題の解決策は、少数(またはグループ)の 8×8 ブロックから(38個のグループが好まし

い)、電子透かしを抽出できるようにして、電子透かしを入れることである。各グループは、画像中の多数のブロックの和である。空間領域内の 8×8 ブロックがグループ内で一緒に加え合わされ(累積され)、その後でその和のDCT係数が計算されるものとする、それは、各ブロックのDCT係数を計算し、DCT係数を一緒に加え合わせることに等しい。空間領域内のグループにおける 8×8 ブロックの和についてのDCT係数は、グループ内の各 8×8 ブロックのDCT係数の和に等しい。その結果、圧縮されていないデータまたはMPEG符号化されたデータから、加え合わせにより得られた38個のブロックを直接計算でき、空間領域あるいは圧縮領域への変換は、加算が行われた後でのみ実行される。このようにして、5400個のDCT係数を計算するのではなく、たった38個のDCT係数が計算されるだけである。

【0030】ブロックのサイズは、 8×8 であるように選択することが好ましい。その理由は、通常のMPEGビデオ信号の構造のためである。しかし本発明は、任意の $n \times n$ ブロックに適用できる。グループの数は、随意に、38であるように選択される。本発明では、ブロックのグループの数について、他の値を使用できる。したがって、以下の説明において38個である項目について言及した場合は、任意の所定数の項目も使用できることが理解されるであろう。

【0031】図1は、圧縮されたビデオのMPEGストリームが入力する場合における、電子透かし検出手順のフロー図である。DCT係数の 8×8 ブロックをそれぞれ入力ストリームから復号すると、各ブロックは、アキュムレータレイ10内の38個の 8×8 アキュムレータ10(1)~10(38)の1つに、加えられる。画像の全体が38個の 8×8 アキュムレータ10(1)~10(38)に加算された後で、従来のやり方と同様に、電子透かし抽出器12により、電子透かしを38個のアキュムレータ10(1)~10(38)から抽出してグループにする。抽出プロセスは簡単で、約500回だけの加算演算を要する。最後に、抽出した電子透かしを電子透かしデコーダ14によって復号し、抽出した信号が本物の電子透かしであるか、あるいは電子透かし入れされていない画像に存在する単なるノイズであるか、を判定するために、統計的な試験を実行する。電子透かしが本当に存在すると判定されたならば、電子透かしを復号して、DVD応用のために必要な情報ビットを得る。電子透かしをビデオストリームに挿入したときに用いた所定のマッピング関係を基にして、特定のアキュムレータに入力ビデオを加算する。

【0032】図2は、圧縮されていないデータあるいは圧縮されていないビデオのストリームが入力である場合の、対応する電子透かし検出手順を示している。各画素が入力すると、電子透かしをビデオに挿入する際に使用

したアルゴリズムに対応する所定のマッピングアルゴリズムに応じて、アキュムレータレイ20内の38個の 8×8 アキュムレータ20(1)~20(38)のうちの1つに、その画素が加えられる。画像の全体がアキュムレータに加算された後、DCT変換器22によって、累積されたビデオのDCT係数値を計算する。DCT係数値を計算した後の電子透かし復号プロセスは、MPEGビデオ受信時の復号プロセスに図1を用いて説明したのと同様に進行する。

【0033】図1及び図2に関連して上述した一般的な方法は、歪みを受けているときの画像の 8×8 ブロックへの分割位置が、電子透かしを挿入したときに用いた分割位置と同一である限り、非常に良く機能する。しかし、画像が、幾何学的あるいはその他のアフィン歪みを受けていたとすると、電子透かしを検出することが困難になる。

【0034】そのような歪みに対抗するために、本発明では、上述した電子透かし検出プロセスを修正する。水平方向に8分の1だけ縮小された画像について考えることにする。図3を参照すると、図示「オリジナル」と記載された方の下側の行が、元の(歪みを受けていない)画像における一連の 8×8 のブロック1~9の空間位置を示している。一方、図示「大きさを変えられた」と記載された方の上側の行は、元の画像が縮められ、すなわちあるスケールファクタだけ尺度を変えられた後の、 8×8 のブロック1'~10'の位置を示している。元の画像のブロック1は、縮小された画像のブロック1'に大きく重なり合っている。元の画像のブロック2は、ブロック2'に対して相対的に1画素だけシフトさせられているブロック2'と、 8×8 画素の6つの列を共有している。したがって、ブロック2'の列が、そのDCTの計算の前に右へ1列シフトさせられたとすると、そのDCT計算の結果は元のブロック2のDCT計算の結果に非常に良く類似する。大きさを変更されたブロックと元のブロックとの間の相違は、ブロック2'の列1がブロック1における列8に一致するという事実のみに帰すべきである。これは、電子透かし検出器に対する付加的ノイズの発生源となる。

【0035】大きさを変更された画像中のブロック1'は、元の画像中でのその対応するブロック1から、画素の1列だけ異なっている。しかし、ブロック5'は、元の画像中のブロック4と共通の4つの列を持つだけである。さらに、ブロック5'の4つの列はブロック4とは共通ではなく、また、ブロック4の4つの列はブロック5'とは共通ではない。したがって、並進における相対的なシフトを補償した後でさえも、ブロック5'はブロック4のノイズが非常に多い近似である。

【0036】このようにして考えると、大きさを変化させた画像の 8×8 ブロックを空間的に変化させて並進することによって、大きさ(スケール)の変化を近似でき

る。したがって、この成果を達成するために、電子透かし抽出プロセスを変更する。一次元(1-D)水平方向シフトのために、38個のアキュムレータからなる単一のアレイを、8個のそのようなアキュムレータアレイの組で置き換える。二次元(2-D)移動のためには、 8×8 すなわち64個のアキュムレータアレイを必要とする。8の倍数であれば抽出された電子透かしが循環的にシフトすることになるから、ただ8個のアレイを必要とする。

【0037】図4は、8個のアキュムレータアレイからなる組を示す図である。各アキュムレータアレイには、所定の数の列のシフトが関連づけられる。電子透かしの抽出手順でのブロックの累積段階において、 8×8 ブロック1'が組40のアキュムレータ1に加え合わされ、 8×8 ブロック2'が組42のアキュムレータ2に加え合わされ、 8×8 ブロック3'が組43のアキュムレータ3に加え合わされ、 8×8 ブロック4'が組44のアキュムレータ4に加え合わされ、 8×8 ブロック5'が、等しい量のデータをブロック4およびブロック5と共有する。ブロック5'は、ブロックをそれぞれのアキュムレータに送るために用いられる規則に応じて、組44のアキュムレータ4または5のいずれかに加えられる。ブロック6'は、組45のアキュムレータ5に加えられる。他のブロックについても同様である。ブロックをどこに加えるかについての規則は、仮定した尺度変更の関数である。すなわち、仮定されたあるいは既知の尺度歪みを補償するために、空間内での必要な並進が行われるように、アキュムレータが選択される。

【0038】組41~47の各アキュムレータ中の 8×8 ブロックについての累積を終了した後、加え合わされたデータがDCT領域から空間領域へ変換され、それぞれ空間領域データがDCT領域に変換し戻される前に、組41については1列だけシフトさせられ、組42については2列だけシフトさせられる。他の組についても同様である。ここで、相対的な並進シフトが除去され、8個のアキュムレータアレイ40~47の組中の対応するアキュムレータ内のデータが、一緒に加え合わされて、38個の 8×8 ブロックの単一(一次元)のアキュムレータアレイを形成する。その後で、上記のようにして電子透かし抽出が続行される。

【0039】図5は、圧縮されたビデオが入力した時のプロセスを示す図であり、図6は圧縮されていないビデオが入力した時のプロセスを示すである。

【0040】図5において、入力した圧縮されたビデオ、例えばMPEGビデオは、アキュムレータ51からなるアキュムレータアレイ50内に配置される。各アキュムレータ51は、38個の 8×8 ブロックを有する。二次元並進を補償するためには、そのようなアキュムレータ51が64個存在する。64個のアキュムレータ51の内容に対し、空間領域への逆変換52が行なわれ、

その結果が、64個のアキュムレータ54を有するアキュムレータアレイ53内に配置される。各アキュムレータ54は、38個の 8×8 ブロックを有する。アキュムレータアレイ53中のデータは、上記のようにしてシフト(並進)を行って、既知のあるいは仮定された幾何学的歪みが補償される。シフトさせられたデータは、64個のアキュムレータ56を有するアキュムレータアレイ55内で加え合わされる。各アキュムレータ56は、空間領域内に38個のデータの 8×8 ブロックを有する。各アキュムレータ56内の対応するブロックは、38個の 8×8 ブロックからなる一次元アレイ58中に一緒に加え合わされる。加え合わせたデータに、DCT(離散コサイン変換)を施して、得られたDCT係数値をアキュムレータアレイ60内に蓄積する。図1に関連して上で説明したように、38個の 8×8 ブロックからなる単一のアキュムレータアレイ60内にこのようにして加算されたDCTデータに対して、電子透かし抽出器12によって電子透かし抽出処理を行い、電子透かしデコーダ14によって電子透かしの復号を行う。

【0041】アキュムレータアレイ50、53、55中のアキュムレータのサブセットからのデータのみを用いて、例えば、シフト0、シフト1、シフト6及びシフト7のアキュムレータアレイ(組40、41、46、47)内のデータを用い、他のアキュムレータ内のデータを無視しても、ほとんど等価な結果を得ることができることが実験的な試行によって示された。これによって、メモリを大幅に節約できる。第1のアキュムレータアレイが、0または1だけシフトさせられたデータを含むように、シフトの一層粗い量子化を用いることによって、一層の改良を行える。同様に、アキュムレータアレイ2が2および3のシフトを取り扱う、等々にする。

【0042】図6は、圧縮されていないビデオに対する処理手順を示している。電子透かし入れされたビデオが受けたと仮定した幾何学的歪みに対応するマッピングにしたがって、入力するビデオ画素を特定のアキュムレータに送るルックアップテーブル62が設けられている。このルックアップテーブル62を基にして、圧縮されていないビデオが、38個の 8×8 アキュムレータ65からなるアキュムレータアレイ64で加え合わされる。アキュムレータ65で加え合わされたデータが、DCT係数に変換される。このDCT係数は、38個の 8×8 ブロックアキュムレータ67からなる一次元アレイ66で加え合わされる。アキュムレータ66内のデータに対して、上述したように、電子透かしの抽出と電子透かしの復号とが行われる。

【0043】以上の説明は、水平シフトすなわち列シフトについてのものであるが、同じプロセスを垂直シフトすなわち行シフト、または行シフトと列シフトとの組合わせにも等しく適用できることは、当業者には明らかであろう。

【0044】上記の例は、画像の縮小された尺度（スケール）が既知であると仮定している。異なるスケールは、アキュムレータアレイに対する、大きさを変更されたブロックの異なる関連づけを必要とする。しかし、これは直接的な計算である。

【0045】多数のフレームに計算を広げることによって、メモリの量をさらに減少することができる。このようにして、ただ1つのアキュムレータのみを必要とするようにできる。フレーム0では、シフトが0のブロック

$g = \text{"scaling group"}$ (すなわち、使用する38個のアキュムレータの組の数を g に代入する)

$s_x = 0$

$s_y = 0$

g フレームのおのおのに対して

{

s_x 画素を右へおよび s_y 画素を上へ移動させなければならないブロックのみを 8×8 アキュムレータの単一セットに加え合わせる。他の全てのブロックを無視する。

アキュムレータで DCT 係数を計算する。

アキュムレータを左へ1画素だけ移動させる。

$s_x = (s_x + 1) / 8$

もし ($s_x = 0$) であれば

{

アキュムレータを1画素だけ下へ移動する

$s_y = (s_y + 1) / 8$

}

アキュムレータで DCT 係数を計算する。

}

実際には、尺度歪みや幾何学的歪みは既知ではなく、または、尺度が整数の列数（または整数の行数）ではないが、対象とする尺度の範囲は、しばしば既知である。例えば、ビデオでは尺度は $\pm 5\%$ だけ変化することがあると仮定され、映画（一連のビデオフレーム）の継続時間中は尺度は固定されており、または、少なくとも映画での1シーン内では、固定されている。この後者の仮定は、理由のあるものである。というのは、尺度の変化が頻繁であれば、知覚されるビデオの画質が低下するからである。このような状況下では、電子透かし検出器は、尺度変化の量を決定しようとする探索プロセスを開始しなければならない。水平方向と垂直方向の両方において尺度の変化が $\pm 5\%$ である例では、尺度変化が単位間隔で定量化されるならば、 11×11 の可能な尺度がある。「単位間隔」というのは、縮小が $1/8$ 、 $1/4$ 、 $3/8$ 、 $1/2$ 、 $5/8$ 、 $3/4$ または $7/8$ でなければ、重なり合いが整数の行数または列数に一致しないという事実に関連するものである。そのように重なり合いが整数の行数または列数に一致しない場合には、並進シフト量は、整数の行数または列数に「丸められる」。固定された尺度で電子透かしを検出するために2秒必要とするならば、可能な全ての尺度を探索するために、 $2 \times 121 = 242$ 秒を必要とする。これは、最悪の場合の

が累積される。フレーム0が終わったときにアキュムレータは1だけシフトし、それによって、フレーム1では1だけシフトさせられたブロックが累積する。したがって、64個のフレームの後では前と同じ結果が得られるので、64分の1のメモリ量が必要となるだけである。

【0046】シフトを行うための疑似コードは次の通りである。

【0047】

【表1】

潜在的な待ち時間であると考えることができる。実際には、平均待ち時間はもっと短く、最もありえそうな尺度を最初に探索する知能探索手順を用いれば、特にそうである。

【0048】尺度は、 8×8 DCT ブロックの空間的に変化する並進によって近似できる唯一の幾何学的歪みではない。他のアフィン変換も同様に扱うことができる。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、電子透かし入れされたデータの $n \times n$ ブロックを空間的に並進させて幾何学的歪みを補償するステップと、並進させたデータから電子透かしを抽出するステップとを実行することにより、画像またはビデオフレームに、幾何学的拡大／縮小やアフィン歪みが加えられた場合であっても、確実に電子透かしを検出することができるようになるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】圧縮されたビデオのストリームが入力する場合の電子透かし検出の手順を示すデータフロー図である。

【図2】圧縮されていないデータが入力する場合の電子透かし検出の手順を示すデータフロー図である。

【図3】オリジナルのブロック列に対して大きさ（スケ

ール)が変えられたブロック列を説明する図である。

【図4】8個のアキュムレータアレイからなる組を示す概略図である。

【図5】圧縮されたビデオが入力する場合における、本発明の好ましい実施の形態での処理手順を示すデータフロー図である。

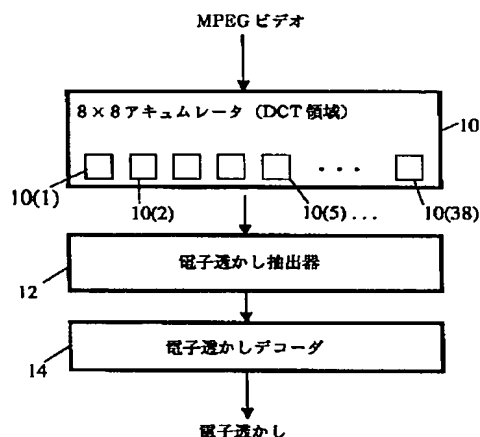
【図6】圧縮されていないビデオが入力する場合における、本発明の好ましい実施の形態での処理手順を示すデータフロー図である。

【符号の説明】

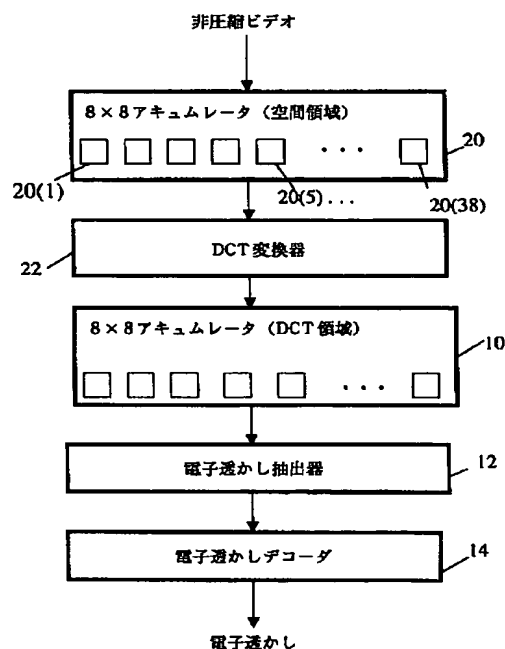
10 アキュムレータアレイ (DCT領域)
10(1)~10(38), 20(1)~20(38) 8×8ア
キュムレータ

1 2 電子透かし抽出器
1 4 電子透かしデコーダ
2 0 アキュムレータアレイ (空間領域)
2 2 DCT変換器
4 0 ~ 4 7 組
5 0, 5 3, 5 5, 6 0, 6 4 アキュムレータアレイ
5 1, 5 4, 5 6 アキュムレータ
5 2 逆変換
5 8, 6 6 1次元アレイ
6 2 ルックアップテーブル
6 5 (1) ~ 6 5 (38), 6 7 (1) ~ 6 7 (38) アキュムレータ

【図1】



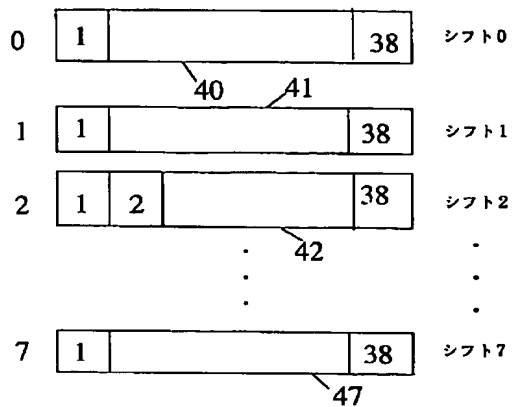
【図2】



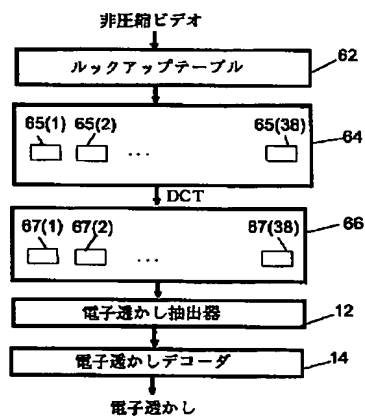
【図3】

[illegible]

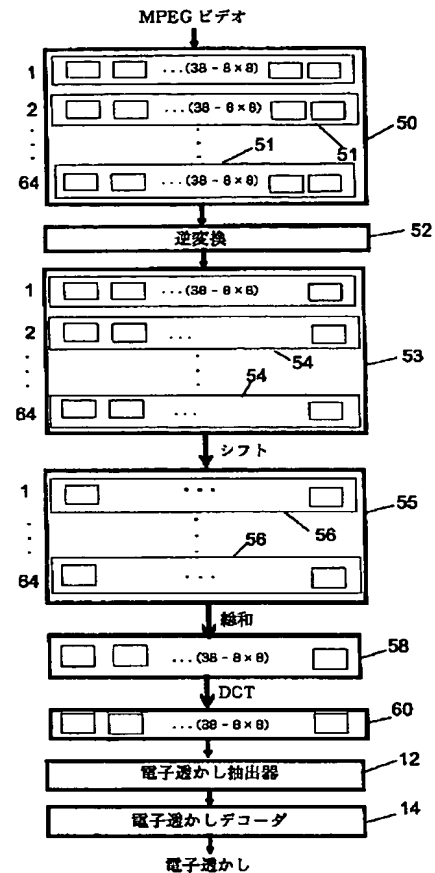
【図4】



【図6】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶
H04N 7/30

識別記号

F I

(72)発明者 マシュー エル. ミラー
アメリカ合衆国 08540 ニュー ジャー
ジー州 プリンストン アパートメント
2 クオリー ストリート 12